

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-027144

(43)Date of publication of application : 04.02.1994

(51)Int.Cl.

G01R 1/073

H01L 21/66

(21)Application number : 05-048974

(71)Applicant : SILICON SYST INC

(22)Date of filing : 10.03.1993

(72)Inventor : FRED SROSSEL

(30)Priority

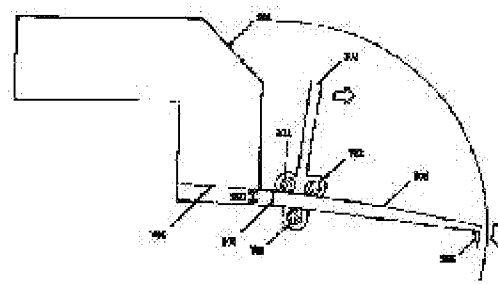
Priority number : 92 848845 Priority date : 10.03.1992 Priority country : US

(54) STYLUS ADJUSTMENT TOOL, STYLUS ADJUSTING METHOD AND STYLUS FITTING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To facilitate the adjustment of an individual probe stylus at a correct position by a method wherein a twisting tool is used so as to be fitted only when it is placed in the thickest portion of a probe stylus.

CONSTITUTION: A twisting tool is disposed so that a non-tapered part of a probe stylus 202 is fitted between upper two cylinders 701, 702 and a lower cylinder 703. Namely, a handle 704 of the twisting tool is perpendicular to the probe pin 202, and upper and lower cylinder clearances are equal to a vertical height 903 of the non-tapered part of the probe stylus 202. The tool is disposed in a point nearer to a fitting point on a probe card plate 201 of the probe stylus 202. Thereby, the twist tool is excellently fitted round the probe stylus 202. Even when this twist tool is placed in a fine tapered part of the probe stylus 202, it is not fittable. Accordingly, a technical expert is easy to twist the probe stylus 202 at a correct position apart from the material tapered part of the probe stylus 202, so that uniformization in works can be attained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of] 23.04.2002

rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3723232

[Date of registration] 22.09.2005

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection] 2002-013687

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection] 22.07.2002

[Date of extinction of right]

(51)Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

G 0 1 R 1/073

E

H 0 1 L 21/66

B 7352-4M

審査請求 未請求 請求項の数38(全 18 頁)

(21)出願番号 特願平5-48974

(22)出願日 平成5年(1993)3月10日

(31)優先権主張番号 07/848, 845

(32)優先日 1992年3月10日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 592165118

シリコン システムズ インコーポレーテッド

アメリカ合衆国 92680-7022 カリフォルニア州 ツースチン マイフォード ロード 14351

(72)発明者 フレッド スロッセル

アメリカ合衆国 92680-7022 カリフォルニア州 ツースチン マイフォード ロード 14351 シリコン システムズ インコーポレーテッド内

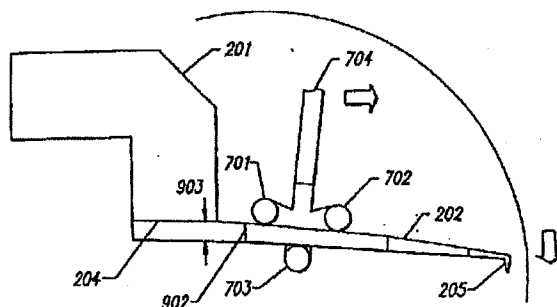
(74)代理人 弁理士 南條 眞一郎

(54)【発明の名称】 針調整ツール、針調整法及び針取付用装置

(57)【要約】

【目的】 ビルドターゲットとこすりターゲットパターンから構成されるビルドウェーハを用いて、プローブカードへのプローブ針アセンブリの取付け・再加工を行う。

【構成】 個々のビルドターゲットはプローブ針のこすりに強い固い材料でできており、試験される実際のウェーハ上のボンディングパッドの位置から所定の距離だけずれている。個々のこすりターゲットは、プローブ針のこすり動作により容易に破壊される柔らかい材料でできている。プローブ針のこすり傷により破壊されたり切断されたりした線の数を数えることにより、こすり傷のおよその長さや幅が分かる。調整ツールは、プローブ針の非テーパ部で一番太い部分によくフィットするように設計されている。ツールはプローブ針軸の軸心上で回転するため、技術者はプローブ針を上下に「ひねる」ことができる。一つの実施例では、ツールは、三角形に配置された3個の平行な円筒で構成され、オフセットレバーの一端に直角に取り付けられている。円筒間の距離は、プローブ針の一番太い部分の直径に合わせてある。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1端部及び第2端部を備える第1細長部材と；前記第1端部にある前記第1細長部材に取りつけられた針受取手段とから構成され；前記針受取手段には開口部があり、前記開口部は前記針の所定の位置と対応している；針調整ツール。

【請求項2】 前記針受取手段が、さらに3個の延長部材から構成されている請求項1記載の針調整ツール。

【請求項3】 前記延長部材が、前記第1細長部材に直角である請求項2記載の針調整ツール。

【請求項4】 前記延長部材が、互いに平行である請求項3記載の針調整ツール。

【請求項5】 前記延長部材の長軸が、同一平面にない請求項4記載の針調整ツール。

【請求項6】 前記延長部材が、長方形の平行六面体である請求項5記載の針調整ツール。

【請求項7】 前記延長部材が、円筒形である請求項6記載の針調整ツール。

【請求項8】 前記延長部材の一つの長軸が、他の2つの延長部材の長軸から等距離にある請求項7記載の針調整ツール。

【請求項9】 前記延長部材のすべての長軸が、延長部材のその他の長軸から等距離にある請求項8記載の針調整ツール。

【請求項10】 前記延長部材の一つの長軸が、第1細長部材と同一平面にある請求項9記載の針調整ツール。

【請求項11】 前記針調整ツールが、金属製である請求項10記載の針調整ツール。

【請求項12】 前記針の所定の位置が、前記針の先端から最も遠い針上の点である請求項11記載の針調整ツール。

【請求項13】 前記針受取手段が、複数の延長部材から構成される請求項1記載の針調整ツール。

【請求項14】 前記延長部材が、前記第1細長部材に対して直角である請求項13記載の針調整ツール。

【請求項15】 前記延長部材が、互いに平行である請求項14記載の針調整ツール。

【請求項16】 前記延長部材の長軸が、同一平面にない請求項15記載の針調整ツール。

【請求項17】 前記延長部材が、円筒形である請求項16記載の針調整ツール。

【請求項18】 第1及び第2端部を備える第1細長部材と；前記第1端部にある前記第1細長部材に取りつけられた針受取手段とから構成され；前記針受取手段は3個の延長部材から構成され；前記延長部材は開口部を規定しており、前記開口部が前記針の所定の位置と対応している；針調整ツール。

【請求項19】 前記延長部材が、前記第1細長部材に直角である請求項18記載の針調整ツール。

【請求項20】 前記延長部材が、互いに平行である請

求項19記載の針調整ツール。

【請求項21】 前記延長部材の長軸が、同一平面にない請求項20記載の針調整ツール。

【請求項22】 前記延長部材が、長方形の平行六面体である請求項21記載の針調整ツール。

【請求項23】 前記延長部材が、円筒形である請求項22記載の針調整ツール。

【請求項24】 前記延長部材の一つの長軸が、延長部材のその他の2つの長軸から等距離にある請求項23記載の針調整ツール。

【請求項25】 前記延長部材のすべての長軸が、延長部材のその他の長軸から等距離にある請求項24記載の針調整ツール。

【請求項26】 前記延長部材の一つの長軸が、第1細長部材と同一平面にある請求項25記載の針調整ツール。

【請求項27】 前記針調整ツールが、金属製である請求項26記載の針調整ツール。

【請求項28】 前記針の所定の位置が、前記針の先端から最も遠い針上の点である請求項27記載の針調整ツール。

【請求項29】 前記針調整ツールにより決定される開口部が前記針の所定の位置に対応し、前記開口部の長軸が前記針の長軸と平行になるように前記針調整ツールを置く段階と；前記開口部の長軸が前記針の長軸と垂直平面にあり、前記針が前記針の所定の位置を軸にして回転するよう、前記針調整ツールを前記針に垂直な水平軸を軸心として回転させる段階と；から成る針調整法。

【請求項30】 前記針の前記所定の位置が、前記針の先端から最も遠い前記針上の点にある請求項29記載の針調整法。

【請求項31】 平面と；前記平面上の複数の第1ターゲットと；前記平面上の複数の第2ターゲットと；から成る針取付用装置。

【請求項32】 前記第1ターゲットが、交差する一対の線上に重畳された円形である請求項31記載の針取付用装置。

【請求項33】 前記第1ターゲットが、前記針により容易には変形されない材料でできている請求項32記載の針取付用装置。

【請求項34】 前記第2ターゲットが、複数の平行な第2の線と直角に交差する複数の平行な第1の線から構成されマトリックスを形成している請求項33記載の針取付用装置。

【請求項35】 前記第1の複数の平行線が、一定の間隔で並んでいる請求項34記載の針取付用装置。

【請求項36】 前記第2の複数の平行線が、一定の間隔で並んでいる請求項35記載の針取付用装置。

【請求項37】 前記第2ターゲットが、前記針により容易に変形される請求項36記載の針取付用装置。

【請求項38】 前記第1ターゲットの中心が、複数の第3のターゲットの中心から空間的にオフセットされている請求項37記載の針取付用装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体製造及び試験装置に関するものであり、特に製造された半導体ウェーハを試験するために用いられるプローブカード針の取付け、調整方法及び取付用装置の改良に係るものである。

【0002】

【従来の技術】半導体製造過程の1段階として、ウェーハ上に作成された回路の試験がある。試験中、モノリシック回路のウェーハが顕微鏡下でホルダ上に置かれ、マルチポイントプローブカードを用いて試験される。金属プローブを用いて個々の回路の様々なボンディングパッドに接触し、一連の電気試験を行って選ばれた回路の電気特性を測定する。この試験から得られた情報と、メモリ内に記憶された情報を比較し、この比較結果に基づいてこの回路を不合格とするか合格とするかを決定する。

【0003】図1はウェーハ装置の電気的試験に一般に使われている「プローブカード」プローブアセンブリである。プローブカードは半導体チップ装置の電気的特性を試験するために標準化された試験装置と連結して使用できるプリント基板である。典型的なプローブカードには、複数のプローブアセンブリ100-107、整合回路、プローブカードを試験装置に取り付けるためのインターフェースが含まれている。各プローブアセンブリにはプローブ針がある。試験中プローブ針は個々の半導体回路110上にあるアルミニウムのボンディングパッドと接触し、電気的試験実施に十分な電気的接触が成立する。

【0004】ボンディングパッドと正しく接触するようにプローブ針の先端は露出したアルミニウムのボンディングパッド上に形成された酸化アルミニウム薄層を貫通する必要がある。これを行うため、プローブ針には一般的に角度がつけられており、ウェーハの表面に充分な力で押しつけられる。ウェーハのボンディングパッドがプローブ針の先端に接触すると、プローブ針はボンディングパッドの表面をひっかけ、または「こすり」、形成された酸化アルミニウム層を貫通する。また、ボンディングパッドと接触するプローブ針はすべて共通平面性である必要がある。すなわち、プローブ針の先端はすべて同一平面上にある必要がある。

【0005】図2は典型的なプローブアセンブリを示す。図2のプローブアセンブリは、薄い金属ブレード201と特殊なプローブ針202から成る。ブレード201は整合回路及びインターフェース203に接続されている。プローブ針202は水平から約6°下向きの角度をもって肩204でブレード201に取付けられている。プローブ針の断面は一般には円形である。肩204

から針のほぼ中央部までプローブ針202の直径は同じである。プローブ針202は中央部からプローブ針先端205の終わりにかけてだんだん細くなっている。先端部の長さは一般には0.175mm (7mil) で垂直から約16°の角度で曲がっている。先端205はプローブ針アセンブリの一部でこの曲げにより形成されている。

【0006】個々のシリコンウェーハの試験では、プローブアセンブリを下げてプローブ針の先端を半導体回路のアルミニウム製ボンディングパッドに接触させる。個々のプローブ針の非テーパー部分の針の直径とテーパー部分の長さの組合せにより、プローブ針に所定の弾力性が与えられる。個々のプローブ針はプローブ針がパッドまで下げられプローブ針先端がアルミニウムボンディングパッドの表面を「こする」かまたはひっかくように設計されている。酸化アルミニウムが蓄積した表面層を貫いて良好な電気的接触を得るためにはひっかくことが必要である。プローブ針はブレードに取りつけられており、その先端部は針からある角度がつけられているが、その角度はボンディングパッド上に最適なひっかき傷を作るよう設計されている。上述した6°と16°という角度は単に例としてあげただけである。他の角度を使用してもよい。

【0007】プローブカードがまず組み立てられると、個々のプローブ針の先端が下に下がった時にウェーハ上の対応するボンディングパッドと接触するよう、プローブカード技術者が個々のプローブ針アセンブリを取り付けなければならない。理想的にはプローブカード針の先端がパッド幅の約1/3の点でまずボンディングパッドに接触し、パッドの中央部を通して引っかき、次にパッド幅の約2/3の点で止まるのが望ましい。このような方法でプローブ針を取り付けると針の先端が酸化層を貫いてひっかけ、確実にアルミニウムボンディングパッドと良好な電気的接触を得ることができる。しかしながら、基準がないため技術者にとってボンディングパッド幅の1/3の位置を推測するのは難しい。したがって、実際には技術者はプローブ針先端がボンディングパッドのほぼ中央に当たるよう、ボンディングパッドの中央を推測して針/ブレードを置きまたはエボキシリング内に針を取り付けるよう指示されている。

【0008】図10は、プローブ針先端をボンディングパッド300の幅1/3と1/2の位置からスタートさせた場合にできた別のこすり傷を示している。典型的なプローブ針取付けにおいては、針の先端1001はまずボンディングパッド300の中心に接触し、ボンディングパッドボックスの縁部付近で止まる。針の先端はボンディングパッド縁部1006の近くにあるため、こすられたために「押された」金属1002がボンディングパッド領域から押し出されることがある。理想的なプローブカード針取付けでは針の先端1003はまずボンディ

ングパッドの幅1/3のところではボンディングパッド300と接触し、ボンディングパッドの幅2/3のところでは止まる。このようにして取付けられた針はパッドの中心を通って良好な電氣的接触を達成し、ボンディングパッドの縁部1006から充分離れたところで止まるため、押された金属1004がボンディングパッド領域から分離することはほとんどない。しかし、ボンディングパッドの幅1/3のところを常に正確に推測できる技術者はいないため、現実にはプローブ針1001で示したようにボンディングパッドの中心にプローブ針を取り付けている。

【0009】長く使用していると、プローブアセンブリのプローブ針先端の共通平面性が失われる。そうすると、回路試験中に高い位置にあるプローブ針先端は酸化アルミニウム層をうまくひっかくことができず十分な接触が得られなかったり、低い位置にあるプローブ針先端がボンディングパッドをひっかきすぎて回路あるいはプローブ針先端またはその両方を損傷したりすることが発生する。

【0010】このような試験の不正確さを防止するために、プローブカード技術者はウェーハ試験過程をモニターしプローブ針先端が共通平面性であることを確認する。従来技術では技術者はプローブカードによりすでに試験されたウェーハグループから無作為にウェーハを選び出す。技術者は平面化ステーションにおいてプローブカード針先端を再平面化する。平面化ステーションの1つのタイプはライトボックスと呼ばれている。プローブカードは発光ダイオード(LED)のセットにグラウンドされているチャックまで下げられる。プローブ針がチャックに接触するたびにLEDが発光する。最初にLEDが発光した位置と最後にLEDが発光した位置の距離が平面性誤差を表している。技術者は平面性誤差が所定の範囲内におさまるまで個々のプローブ針の角度と位置を調整する。

【0011】次に、技術者は低倍率の顕微鏡を用いてウェーハのボンディングパッドの表面を検査する。技術者は個々のボンディングパッドに残されたこすり傷の長さや性質を見て視覚的なプローブ傷の「足跡分析」を行うが、特定の視覚的基準があるわけではない。技術者は一般にプローブ針のこすり傷が実際にあるか及び一般的な位置を見るよう指示されている。たとえば、技術者は個々のこすり傷でボンディングパッドの外側にあるのは50%未満であり、隣接する金属部分を50%以上切り込んでいてはならないと指示されている。また、技術者は(パッシベーション露出により示される)過励振損傷と平面性の問題を示す両辺間のこすりパターンがないかどうかをチェックするよう指示されている。もちろん、ボンディングパッドが比較的小さい0.1mm×0.1mm(約4mil×4mil)のため正確な足跡分析は困難である。

【0012】従来技術における針の取付けやこすり傷検査技術の一つの短所はこれが主観的なプローブ傷分析であり、長さに特定の最小限度や最大限度もなく、受容可能なこすり傷の違いもはっきりしていないことである。こすり傷が非常に短い「点」であればこすり動作により酸化層が貫通されていないことを示し、プローブ針とボンディングパッドの間には良好な電氣的接触が達成されておらず、良好であるウェーハが試験中に知らずに不良品とされるおそれがある。プローブ傷が長いことは、チャック距離が長く、プローブ針先端の平面性が失われ、針の角度が不適切であることを示している。最近の現場では、こすり傷の存在と位置のみが考慮されている(長さは考慮されていない)。平面性チェックは一般には正確な針の高さを決めるために行われている。しかし、この平面性チェックでは実際の針の長さ、プローブのゆるみ、針のグラム重量率の違い、テーパ長の違い、プローブカードパッドの欠陥、エポキシ可塑性、針の先端の形や直径、針の接触異常による読み取り誤差、不適切な設定、装置製造者の公差変動は考慮されていない。典型的な結果として、完全に平面化されているがこすり傷の範囲が広いプローブカードが製造されている。

【0013】また、プローブ針は最初のウェーハ接触点を過ぎると針パターンの中心に向かって進む。オーバートラベル一般には0.075mm(3mil)により針はパッドの中心からボンディングパッドの内縁部に向かって進み、時には内縁部の先まで向かうこともある。これにより、押されたアルミニウムのショート、時間とともに起こる金属移動の問題、プローブ接触欠如、バーンイン障害、パッケージ内におけるアルミニウム片、信頼性低下、切れた金属部分、目視検査による不合格が起こることがある。個々のプローブ針が摩損するとボンディングパッドボックスの外側に向かって縮むため状況が複雑になる。これはプローブ針の応力緩和により部分オフセットされるため針先端からプローブカードまでの平均距離が減少し、それにより針先端列を針パターンの中心に向かって動かすことができる。現在のところ、現行の方法ではオペレータはプローブ針を理想的な位置(ボンディングパッドボックスの外側1/3)に配置することは不可能なため、針は不正確または不統一に配置されることになる。エポキシカードは組立中に正確にプローブを配置できるが、これらのカードは一般にボンディングパッドの中心に置かれる。

【0014】従来技術のツールは現在のところプローブ針の調整または「ひねり」に利用することができる。技術者はこれらのツールを使って針の位置を技術者に適した方法で押したり引いたりひねったりして調整することができる。プローブ針の薄い中心部やプローブ針のテーパ部分は太い部分や非テーパ部分にくらべて弾力性がある。これらの従来技術のツールを用いて技術者は一般に一番やりやすい箇所で、すなわちプローブ針がもっとも

薄く曲げやすいプローブ針先端近くでプローブ針を調整する。現在利用できるツールが不正確なためピンセットや針から自作したツールを使ってプローブ針を調整する技術者もいる。

【0015】理想的には、プローブ針の調整は針の非テーパ部分またはプローブ針202がプローブカードブレード201についている「肩」204で行うのがよい。この部分で調整を行うとプローブ針の弾力性やこすり角度への影響を最小に抑えることができる。しかし、現在利用できるツールではプローブ針の太い部分でこの種の曲げ作業を行うのは非常に困難である。

【0016】従来技術の調整ツールには多数の短所がある。プローブ針の弾力性はテーパになった先端部で得られる。したがって、この重要な部分を調整するとプローブ針の定格弾性係数への影響は大きなものになる。弾性係数は所定のオーバートラベル設定における所定の針直径の場合にプローブ針先端により与えられる力の量を決定する。ボンディングパッド上に適切なこすり傷を作って保持するにはこの弾力性を保持することが非常に重要である。また、プローブ針のテーパ部分で調整を行うと針のこすり角度やこすり率に何倍もの大きな影響となる。技術者が従来技術のツールを使ってプローブ針のテーパ部分をひっぱったり押したりすると一般に分散布円弧曲りがプローブ針に生じる。円弧の曲がり、プローブ針の弾性係数に大きな影響を与えプローブ針が調整を正しく保持する能力を低下させる。

【0017】従来技術による取付け、検査、調整方法では保守が不安定になり、針の調整サイクルが短くなりウェーハ試験工程における低下時間が長くなる。プローブ針調整が不正確だとプローブ針先端と個々の回路のボンディングパッド間のこすりが不完全だったり過剰だったりしてウェーハの歩留りも低下する。この電気試験歩留り低下というリスクのほか、ウェーハが目視検査により不合格とされることもある。損傷が仕様の下限より低ければコストの高い再加工が待っている。しかし、軍仕様の場合にはある種の装置での二次プローブ作業を不許可にして再加工を禁止しているものもある。ワイヤボンディングの一体性は引張り試験により試験され、これは金型の「中心」でのアルミニウムの存在（パッシベーション露出なし）により左右される。しかし、低いプローブまたはオーバードライブプローブによりこの部分は一般に露出している。見掛けの歩留りが改善すると、技術者が高いまたは軽いプローブ針を「追跡する」ための不適切なオーバードライブを行う結果となる。しかし、プローブに一つでもオーバードライブが見つければ目視検査による不合格やワイヤボンドの一体性不良が発生することになる。

【0018】

【発明の概要】本発明はプローブ針がプローブブレードやエボキシリングに取りつけられる点またはその近くへ

のプローブ針の取付け、検査、調整のための方法と装置を開示する。本発明の実施例ではプローブカード上へのプローブ針アセンブリの最初の取付け、次の再加工の際にはビルドターゲットパターンとこすりターゲットパターンから構成されるビルドウェーハが用いられている。ひねり用ツールはプローブ針の一番太い部分に置かれた場合のみきちんとフィットするよう設計されており、本発明によりウェーハ試験の技術者は正しい位置で個々のプローブ針を調整しやすくなる。

【0019】個々のビルドターゲットはプローブ針のひっかきに抵抗性のある固い素材でできており、実際に試験されるウェーハのボンディングパッドの位置から所定の距離だけオフセットされている。プローブ針先端をビルドターゲットの中心に置くことにより中心を通過してボンディングパッドボックスの1/3をこすりようプローブ針は自動的にまた正確に位置決めされる。実施例では個々のビルドターゲットは「肉太」のプラス記号の形をしておりクローム製である。

【0020】個々のこすりターゲットはプローブ針のこすり作用により簡単に傷つけられるような柔らかい素材でできている。実施例ではこすりターゲットは0.0125mm (0.5mil) の間隔を持つ交差線のマトリックスであり、アルミニウム製である。プローブ針のこすり傷により壊れたり切断されたりしたアルミニウム線の数を数えることによりこすり傷のおよその長さや幅がわかり、それが所定の範囲内にあるかどうかを迅速に正確に決定することができる。

【0021】本発明の一つの態様によりプローブ針をブレードやプローブ針接合部またはその近くでひねることができ、また、リングをエボキシ型のカード上で保持することができるため調節作業によるプローブ針の効果的なこすり角度への影響を最小に抑えることができる。本発明により針が適切に調整されるため試験過程の精度を向上させ、調整サイクル間の時間を長くでき、ひいてはウェーハの歩留りが向上する。ポストプローブ検査、ワイヤボンディングその他の処理段階にも利点がある。

【0022】本発明のツールはプローブ針の非テーパ部分で最も太い部分にきちんとフィットするよう設計されている。この本ツールはプローブ針軸の軸心上で回転するため技術者はプローブ針を上下にひねることができる。技術者のプローブ針を押したりひいたりねじったりする傾向を避けることができる。本発明を使用すると分散円弧曲げではなく「よじれ」曲げが得られるため、調整作業によるプローブ針弾性係数、力定格、こすり角度への影響を最小限に抑えることができる。「よじれ」の点はブレード（またはリング）／プローブ針接合部近くに集中しておりプローブ針の繊細な中央部やテーパ部分からは離れている。

【0023】本発明の実施例ではツールは三角形に配置され、オフセットレバーの端部に直交する3個の平行す

るの円筒で構成されている。円筒の間隔はプローブ針の直径の一番太い部分が通過できるようになっている。

【0024】

【実施例】プローブカード針をひねるための手段、シリコンウェーハの電気試験に使われるプローブカード針を取付けるための装置及び検査方法について述べる。本発明はプローブ針の一番太い非テーパ部分の取付け及び調整を容易に単純化するために用いられる。以下の説明では本発明を充分理解できるよう、プローブ針のこすり角度、ボンディングパッドの大きさなど多数を詳細に説明する。しかし、技術精通者には本発明がこれらの特定の仕様がなくても実施できることが明らかである。その他の点では本発明をいたずらに曖昧にしないため詳細には説明していない。

【0025】半導体製造ではシリコンウェーハ上の個々のモノシリック回路は様々な方法で試験に合格して初めて最終的な検査に合格することができる。そのうちの好ましいものの一つが電気試験である。ウェーハ上の装置の電気特性の品質を試験するために一連の試験が行われる。この電気試験を容易にするため個々の装置には装置に電気的に接続されているボンディングパッドが含まれている。

【0026】ボンディングパッドの断面を図3に示した。ボンディングパッド300は一般にはアルミニウムである金属またはその他の導電性の物質からできており、深さは約1100ナノメートルである。ボンディングパッド300は一般に深さ275-390ナノメートルであるパッシベーション層301の上に乗っている。ウェーハ試験過程中はウェーハ表面は空気に触れる。したがって、ボンディングパッドの露出面に酸化アルミニウム（及び汚れ）の薄膜302が形成される。酸化アルミニウム及び汚れはボンディングパッド300の最上面に層302を形成するが、この深さは一般には20ナノメートルである。

【0027】ウェーハ製造において個々のウェーハを電気的に試験するために使われる装置は一般に「プローブカード」と呼ばれている。図1はプローブカードを示したものである。このプローブカードはプリント基板で、標準の試験装置と共に使うことにより様々な半導体チップ装置の電気特性を試験することができる。プローブカードの設計にはいろいろあるが一般的なプローブカードは複数のプローブアセンブリ100~107、整合回路、プローブカードを試験装置に接続するためのインターフェースから構成されている。個々のプローブアセンブリにはブレード（ブレードカード上で）またはリング（エボキシカード上で）に取り付けられたプローブ針がある。

【0028】図2はブレードカードプローブアセンブリを示したものである。ブレード201はウェーハ表面に向かって直角に下向きに曲げられた薄い金属片である。

ブレード201の一端は整合回路とインターフェース203に取り付けられており、もう一端はプローブ針202に取り付けられている。プローブ針202はプローブ針202が水平からわずかに下向きの角度で下を指すようブレードまたはエボキシリング201の肩204に取り付けられている。プローブ針は一般に水平から6°下向きに取り付けられることが多い。

【0029】プローブ針202はブレード/プローブ針接合部204からプローブ針の中央近くまでの大きさは一定である。プローブ針の中央からプローブ針先端205のすぐ上の端まではプローブ針202はかなりテーパになっている。プローブ針の長さは一般には6.25mm（0.250インチ）で、断面は一番太いところで0.25mm（0.010インチ）、テーパ部分の端では0.50mm（0.002インチ）である。プローブ針の非テーパ部分の長さは製造業者やエンドユーザが必要とするグラム重量率により異なる（テーパ部分が長いとグラム重量が小さい）。一般にはプローブ針の先端205は水平から74°の角度で曲げられている。

【0030】整合回路とインターフェース203は標準の試験装置に接続されている。この装置は一連の様々な電流と電圧を発生するようプログラムされている。これらの電気信号はプローブカード針により回路装置に伝達される。この信号に対する個々の装置の電気的反応はプローブ針を通して同様に試験装置でも受け取られる。

【0031】個々の装置の回路構造は微細であり電気信号や反応は微妙なものであるためプローブ針先端205がアルミニウム（または金）のボンディングパッド300と接触していることが重要である。プローブ針軸は先端205に所定の力をかけるためにテーパになっている。プローブ針202の弾力性はプローブ針素材の弾性係数及びテーパ部の長さにより決定される。個々のプローブ針はプローブ針が的確に取り付けられ、装置のボンディングパッドと接触するよう充分下げられた時にプローブ針先端に選択量の力がかかるよう設計されている。プローブ針先端にかかる力の量はプローブ針の力定格と呼ばれ、一般にg/milで表される。プローブ針製造者は個々のプローブ針の弾性係数と定格力が所定の公差内におさまるようプローブ針軸のテーパを厳重に管理している。ウェーハ構造や使用する試験装置によりウェーハ装置を試験するために様々な力定格を持つプローブ針が用いられる。

【0032】プローブ針202が取り付けられる角度と先端205が曲げられる角度はプローブ針先端とアルミニウムボンディングパッドの間に充分な電気的接触が得られるかどうかを決定する重要なものである。この角度は一緒にプローブ針の「こすり角度」を形成している。図4（A）～（C）はこすり角度を変えた場合のこすり傷である。図4（A）を見ると適切なこすり角度ではプローブ針先端205は酸化アルミニウムと汚れの層30

2を貫通しボンディングパッドの導電層300と電氣的に接触している。適切なこすり角度ではプローブ針先端205はパッシベーション層301をこすらない。

【0033】こすり角度が急すぎると図4(B)に示したようにプローブ針先端205がウェーハ表面に対して回転し、プローブ針先端205はパッシベーション層301を深くこすりすぎてボンディングパッドや装置そのものを損傷するおそれがある。プローブ針先端205はボンディングパッドの導電層300を貫いてこすするためプローブカード針とボンディングパッドの間では電気信号を正確に送受信することができない。

【0034】図4(C)に示したように、こすり角度が浅すぎると、すなわちプローブ針先端205がウェーハ表面から離れて回転すると、プローブ針先端205は酸化アルミニウム及び汚れの層302を貫いてこすることができず、導電層300との間に十分な電氣的接触を得ることができない。プローブ針先端205はボンディングパッドの導電層300と接触しないから、プローブカードはボンディングパッドへ、またボンディングパッドからの電気信号の送受信を正確に行うことができない。

【0035】プローブ針の力定格はまたプローブ針がアルミニウム製ボンディングパッドと十分に電氣的接触を保っているかどうかを決定する。図5(A)は力定格が正しいときにできる引っかかり傷を示している。プローブ針は酸化アルミニウム層302を引っかけて貫通し導電層300と「接触」する。

【0036】プローブ針の力定格が少し変化しただけでも望ましくない結果が起こることがある。たとえば、図5(B)のように力定格が低すぎるときはプローブ針の先端205は酸化アルミニウムや汚れの層302を貫通してボンディングパッドの導電層300と接触することができない。図4(C)に示したように力定格の低下により引っかかりが不完全だと試験結果が不正確になる。

【0037】図5(C)のように力定格が高すぎるとプローブ針先端205は深くこすりすぎてパッシベーション層301まで達し、ボンディングパッドや装置そのものを損傷することがある。図4(B)に示したように、過剰な引っかかりは試験結果を不正確にする。したがって、プローブ針のこすり角度や力定格に変化があると針とボンディングパッドとの間に適切な電氣的接触を達成する能力に好ましくない影響が出る。

【0038】試験装置から正確な結果を得るためには、プローブカード針のプローブ針先端のすべてが同一平面にあることが必要である。プローブ針先端が同一平面にないと先端はボンディングパッド上に不均一なこすり傷を作り個々のプローブ針先端により行われる電氣的接触の質にばらつきが出る。他のプローブ針先端より高い位置にある針はボンディングパッドを十分にこすることができないかあるいは、まったく接触できない。他のプローブ針先端より低い位置にある針はボンディングパッド

をこすりすぎてボンディングパッドや装置を損傷する。したがって、個々のプローブ針がほかのプローブカード針と正確に同一平面にあることが重要である。しかし、プローブ針を調整するたびに力定格も影響を受ける。プローブ針調整がプローブ針のテーパ部分で行われた場合、針の力定格が受ける影響は大きなものになる。したがって、将来必要になる調整の回数を減らすためには新規生産中にも再加工中にもプローブ針を正確に取りつけて調整することが望ましい。また、プローブ針のテーパ部分に調整を加えないことが望ましい。

【0039】従来技術では、技術者は個々のウェーハ試験をモニターしてプローブ針先端が同一平面でない場合はプローブ針を調整または「ひねって」いた。針は一般に長さ6.25mm(0.250インチ)と小さく、手で正確に調整するのは難しい。また、プローブ針は軸のテーパ部分で最もよく曲がる。プローブ針の一番太い非テーパ部分はこれより固くそれほど簡単には曲がらない。

【0040】現在利用可能なひねり用ツールはピンセット、フック、V字型先割れ tong である。技術者はこれらのツールを用いて技術者が適切と思う位置及び方法でプローブ針を押したり引いたりねじったりして同一平面にする。これらのツールによりプローブ針のどこでもつかむことができるため技術者は一番やりやすい箇所で調整することが多く、調整が弾力性のあるプローブ針のテーパ部でしかも先端部近くで行われることが多い。

【0041】従来技術のツールはプローブ針のもろいテーパ部分を曲げるために用いられることが多かった。ウェーハと接触中に最もよく曲がるように設計された針の部分はこのテーパ部分である。この重要な部分に加えられた変化はその何倍もの影響をプローブ針のこすり角度に与える。これを説明するためプローブ針202に3通りの同一平面化ひねりを加えたプローブカードアセンブリを図6(A)に示した。技術者がプローブ針の端からRミリメートルの点でプローブ針をXミリメートル低くしようとした場合を考えてみる。図6(B)に示したように、針の先端をXミリメートル低くするため技術者は β ラジアン調整を加えるとすると、

$X \ll R$ であるため、 $X \approx \text{弦} AC$

$\beta \ll 1$ ラジアンであるため、 $\text{弦} AC = 2R \sin(\beta/2) \approx \beta R$

したがって、 $X \ll R$ かつ $\beta \ll 1$ ラジアンであるため、 $X \approx \beta R$ となる。

【0042】そこで、プローブ針先端をXミリメートル低くするには、技術者はプローブ針の先端205からRミリメートルの点に $\beta = X/R$ ラジアンの調整を加える必要がある。しかし、図6(B)に示したように、プローブ針を β ラジアンだけ調整するとプローブ針のこすり角度も β ラジアンだけ変化する。したがって、調整を行った場合、調整点がプローブ針の端に近ければ近いほどプローブ針のこすり角度の変化も大きくなる。そこで、

調整点がプローブ針の端から遠いほどプローブ針のこすり角度の変化は小さくなる。

【0043】図6 (A) において点601がプローブ針/ブレード接合部204の近くにあるとすると点603は点601と針先端205の中央であるプローブ針のテーパ部の開始部分にあり、点605は点603と針の先端205の中央であるプローブ針のテーパ部の中央近くにある。プローブ針先端205をXミリメートル低くするには技術者は点601において、

$$\beta = X/R$$

$$= X/R_{601} \text{ ラジアン}$$

の再平面化のためのひねりを加える。上の式において R_{601} は点601からプローブ針先端205までの距離である。このように、プローブ針のこすり角度は X/R_{601} ラジアンだけ変化する。図6 (A) にはその結果の円弧600が示されており、これは、ブレード/プローブ針接合部204においてまたはその近くで曲げることにより達成された。ブレード接合部近くの点601における曲がりには現在利用可能な標準ツールでは達成することが難しい。

【0044】技術者が点603においてひねりを加えると、プローブ針のこすり角度は R_{603} を点603から針先端205までの距離とした場合、 $\beta = X/R_{603}$ ラジアンだけ変化する。しかし、点603は点601とプローブ針先端205の中心にあるため $R_{601} = 2R_{603}$ となる。したがって、点603で調整を行うと点601で調整を行った場合と比較してプローブ針のこすり角度の変化は2倍になる。同様に、 $R_{601} = 2R_{603} = 4R_{605}$ であるため点605で調整を行うと点603で調整を行った場合と比較してプローブ針のこすり角度の変化は2倍になり、点601で調整を行った場合と比較すると4倍になる。円弧602と604はプローブ針のテーパ部開始点である点603とプローブ針のテーパ部の中央604の点605における曲げの結果を表している。図6 (A) と (B) から分かる通りプローブ針先端205近くで小さな調整を行っても先端のこすり角度には大きな変化が現れる。

【0045】重要なテーパ部にひねりを加えるとプローブ針の力定格や弾性係数に大きく影響する。プローブ針はプローブ針の最も弾力性のある部分がテーパ軸になるように製造されている。技術者がテーパ部に圧力を加えるたびにプローブ針の力定格は非可逆的に変化する。図5 (A) ~ (C) に示したように、プローブ針の力定格が上昇すると、針の先端はボンディングパッドを深くこすりすぎる結果となり、力定格が低下すると針の先端のこすりが不十分で適切な電氣的接触が得られない。

【0046】従来技術のひねりツールのもう一つの欠点はこれらのツールにより行われた調整がプローブ針軸の分散円弧曲がりとなることである。換言すると、調整中技術者はツール使用点と程度は異なるが針の軸全体でプ

ローブ針を曲げていることになる。針の軸全体を曲げるとプローブ針の力定格が変化し、プローブ針が調整を保持する能力が低下する。従来技術のひねりツールを用いるとプローブ針とボンディングパッドの間の不十分な接触を理由とするウェーハ歩留りの低下と押しのけられたいはみだしたプローブ傷、プローブ針の再位置合わせサイクルの回数増加、ウェーハ試験結果の不安定さにつながる。

【0047】本発明は従来技術の欠点を克服するものである。本発明はプローブ針の一番太い非テーパ部分に配置した場合にのみぴったりと適切にフィットするため、技術者がプローブ針を適切な位置で調整しやすくなる。本発明はプローブ針の調整「ひねり」をプローブ針の非テーパ部分がアンカー点に接触する点に加え易くするものである。図6に示したように、片持ちアンカー点601近くで発生するひねりはこすり角度にはほとんど影響しない。したがって、本発明を用いて調整を行うと従来技術と比較してこすり角度に与える影響はかなり小さくなる。

【0048】プローブカード針のひねりツールの実施例を図7 (A) ~ (C) に示した。図7 (A) は実施例の正面図である。平行で均一の3個の円筒701~703がオフセットレバー704の基部に直角に取りつけられている。円筒の一つ703はレバー704の端にあり、他の2個の円筒701と702はレバー704の両側に底部の円筒703から等距離の位置にあり、3個の円筒は三角形を形成している。3個の円筒701~703は3個の円筒の中心を結ぶと三角形を成すように配置されている。上の2個の円筒701と702と底部の円筒703との間の間隔705はプローブ針の一番太い非テーパ部分の高さと同じである。個々の円筒はプローブ針の水平最大幅より長い。レバー704は下の円筒703と並び上の円筒701と702の間に配置されている。

【0049】図7 (B) は実施例の側面図である。円筒に取りつけられていないレバー704の端は垂直から角度706だけオフセットされている。レバーはツールの開いた面から曲げられている。上の円筒701と702は平行で同一平面にある。図7 (C) は実施例の透視図である。

【0050】実施例ではツールは焼き入れ工具鋼で作られている。ハンドル704の長さは約5.25cm (約2・1/4インチ) である。上の2個の円筒701と702と下の円筒703の間隔705は一般的なプローブ針の非テーパ部分の高さ903に合わせるため0.25mm (0.010インチ) に等しくなっている。円筒間隔はBe-Cuなどから作られた大きな針に合わせて0.30mm (0.012インチ) にすることもできる。個々の円筒の長さはおおよそ0.25mm (0.010インチ) ~ 0.30mm (0.012インチ) (針の幅に合わせて) で、直径は0.30mm (0.012インチ) ~ 0.3

75mm (0.015インチ) である。ハンドル704は、プローブ針先端の同一平面性を観察するために技術者が使う顕微鏡などの様々な試験装置の邪魔にならないよう、垂直から37°という角度706だけオフセットされている。

【0051】ツールがプローブ針の非テーパ部に正しく配置されると、ツールはプローブ針を上下にひねるためX-Zの方向に回転させられる。側面から見るとこのことは飛び出しているツールハンドルが時計回りまたは反時計回りに移動することを示している。ツールハンドルをブレードや取付け台に向かって動かすとプローブ針が上に調整される。ツールハンドルをブレードや取付け台とは反対の方向に動かすとプローブ針は下方に調整される。図9に示したように、本発明は「よじれ」またはポイントベンド902をプローブ針軸に取り入れている。ツールが針取付け台に近いほど「よじれ」はアンカー点601を備えた針接合部の方に置かれる。

【0052】また、プローブ針全体に分散円弧曲がりやかけた従来技術とは異なり、本発明はプローブ針の非テーパ部にのみ「よじれ」またはポイントベンドを加える。したがって、本発明によるプローブ針調整はプローブ針の力定格や弾性係数にはほとんど影響せず、プローブ針がひねり調整を保持する能力に影響を与えない。また、本発明により調整されたプローブ針は長期間にわたってその位置を保ち、プローブ針先端における圧力を適切に保ちボンディングパッドとの十分な電気的接触を継続して得ることができる。

【0052】ブレード/プローブ針接合部はこの点でプローブ針をひねるとプローブ針のこすり角度や力定格に与える影響を最小に抑えられるため調整曲げを加えるには望ましい箇所である。本発明を適切に使用するには調整曲げをプローブ針の一番太くて強い非テーパ部分にかけプローブ針のもろいテーパ部には加えないことである。プローブ針の太い部分に「よじれ」曲げを加えるのは現在利用可能なひねりツールを用いては非常に困難である。本発明を用いて調整するとプローブ針は長期間にわたって調整が保持できる。このように調整が長続きするため再同一平面化サイクルの時間が長くなる。したがって、本発明により試験過程の統一性が改善しラインアイテムの性能、サイクル時間、はみだしプローブ、ゲート不合格の発生、ウェーハ歩留り、再加工、ワイヤボンディング、全体的な品質などほかの分野にもプラスにはたらいてプローブ針調整をさらに正確に行うことができる。

【0053】本発明を用いてプローブ針をひねるためには、図9に示したようにツールはプローブ針軸202の非テーパ部が上の2個の円筒701と702と下の円筒703の間にフィットするように配置する必要がある。上の2個の円筒701、702はプローブ針軸202の上に配置され、下の円筒703はプローブ針軸の下に配

置される。ツールのハンドル704はプローブ針軸202に対して垂直である。ツールはプローブ針202がプローブカードブレード201に取りつけられている点になるべく近い点に配置されている。上下の円筒の間隙705はプローブ針の非テーパ部の垂直高さ903と等しいため、ツールはプローブ針軸がブレード近くに配置されればプローブ針軸のまわりにうまくフィットする。ツールはプローブ針軸の細いテーパ部に置かれてもフィットしない。ツールにこのような性質があるため技術者はプローブ針の重要なテーパ部から離れた正しい位置でプローブ針をひねりやすくなる。技術者の作業の均一性の達成も容易になる。

【0054】本発明のもう一つの実施例を図11に示す。プローブ針のこすり傷の適切な発見とモニターを容易にするためこの実施例は2つの分析パターンを備える特殊なビルド分析ウェーハ1101から構成されている。このウェーハは集積回路ウェーハによく似ている。特殊ウェーハ1101の中心には固いクロムの針配置パターン1102があり、プローブカード製作中にボンディングパッドを損傷せずに針を繰り返し配置することができる。配置パターンの周囲にはさらに多数の柔らかいアルミニウムのこすりターゲットパターン1103があり、これによりこすり傷の足跡分析を正確に効率よく行える。

【0055】本発明の一つの実施例の針配置パターン1102の一つを図12に示す。配置パターン内の個々のビルドターゲット1201は「肉太の」プラス記号の形をしている。プローブ針軸202によってパターンが曖昧にならないよう、ビルドターゲット1201は回転させてある。ビルドターゲット1201がプラス記号のデザインになっているため、プローブカード技術者は、これを視覚的補助としてプローブ針先端205を配置し、パターン1102の中心でビルドターゲット1201と最初の接触を行う。

【0056】図13に示した通り個々のビルドターゲット1201はその中心が実際のウェーハボンディングパッドの幅のおよそ1/3の地点に位置するように予め設定されている。プローブ針先端205をビルドターゲット1201の中心1301に置くことによりプローブ技術者は一貫して正確にプローブ針を置くことができ、実際のウェーハのプローブの際にプローブ針がボンディングパッドの幅の1/3の点(点1303)を開始点としてウェーハボンディングパッド1302をこすることができる。ビルドターゲット1201は実際のウェーハボンディングパッド1302の座標から1304だけオフセットされている。

【0057】ビルドウェーハは完成品として試験する前に(設計者のボンディングパッド座標に基づいて)注文して製造することができる。プローブカードは製品がラインに来る前に製造してチェックすることが出来るため、

新設計を市場に出す時間を短くすることができる。個々のビルドターゲットはこすりに強い固い金属（クロムなど）でできている。取付け過程に実物のウェーハを使用（そして駄目に）する代わりに、技術者はこの固いビルドターゲットを再使用することができ試験と製造のコストを下げるができる。ビルドウェーハは繰り返し使用してもパッドの損傷や曖昧化は起こらない。また、ボンディングパッド中心からの理想的な距離をオフセットしてビルドターゲットに予め設定することにより、プローブ針を自動的に一定して配置することができる。

【0058】図8はプローブ針のこすりターゲットの一つと分析パターン1103を示したものである。実施例では個々のこすりターゲット801は「格子縞」のような交差線である。個々のプローブ針が一つの方向の線に対しては直角にもう一つの方向の線に対しては平行にこすりよう個々のこすりターゲット801は回転されている。実施例ではこすりターゲットの個々の線は柔らかい金属（たとえばアルミニウム）でできている、プローブ針にこすられることにより壊される。交差線は所定の間隔で正確に並んでいる。実施例では線の間隔は0.0125mm (0.5mil) であるがこれ以外の間隔でもよい。

【0059】プローブカードの足跡分析中、技術者はビルドウェーハ上に位置するこすりターゲットの一つと分析パターン1103にプローブカードを降ろす。指定されたオーバートラベルを行い、その結果生じたアルミニウム線のずれの位置と大きさを分析して計数する。こすり動作により切断された線の本数が所定の許容限界の範囲外にあるとこすり傷は許容範囲にないとされ、プローブ針は調整される。傷の位置が許容範囲外にあれば同様にそのこすり傷は許容範囲にないとされプローブ針は再調整される。

【0060】たとえば、理想的なこすり傷の長さが0.035mm (1.5mil) で個々のこすりターゲット1001の線間隔が0.0125mm (0.5mil) とすると、技術者は、個々のプローブ針のこすり傷により破壊される線が2本以上4本以下になるようにプローブ針を調整するよう指示される。技術者は顕微鏡を使って個々のこすりターゲット1001を検査し、本発明のひねりツールを用いてすべてのこすり傷がこの範囲におさまるよう個々のプローブ針の調整や交換を行う。

【0061】同一平面性チェックでは良好なこすり傷の一定パターンを保証できないが、本発明のこすりターゲットにより単に同一平面性チェックするよりはるかに優れているこすり傷分析ができる。こすりターゲットやビルドターゲットには様々なパターンや金属を用いることができるがこれにより本発明の精神や範囲から逸脱するものではない。たとえば、こすりターゲットには目玉パターン、市松模様、円形パターン、ストライプパターンなどを使うことができる。こすり傷を正確に分析できれ

ばどんな媒体を用いてもよい。計数線や距離メータを備え、非反射性（または黒）で縁取られた一般的な銀ウェーハやプレートであれば、パッド座標やコンピュータ設定の必要もデリバー遅れ時間もなく、こすり傷分析ができコスト削減ができる。同様に、ビルドターゲットには様々なターゲットオフセット距離やパターンを使うことができ、それにより特定の検査や先端の大きさ／形の要件にしたがって、異なる結果を得ることができる。以上、プローブ針先端の同一平面性を調整するためのプローブカード針の取付け、検査、調整の方法と装置について説明した。ここでは、特定の実施例、材料、デザイン、部品、サイズを用いて説明したが、本発明はこのような特定の例に限定されるものではない。本発明の発明的特徴を含むそのほかの実施例は技術精通者には明らかであろうし本発明の範囲内に含まれると考えられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】プローブカード装置の概要図。

【図2】プローブカードアセンブリの概要図。

【図3】半導体回路のボンディングパッドを構成する様々な材料の層の模式図。

【図4】プローブ針のこすり角度を変えてつけたボンディングパッドのこすり傷の模式図。

【図5】プローブ針の力定格を変えてつけたボンディングパッドのこすり傷の模式図。

【図6】プローブ針の3つの調節点におけるこすり角度と力定格の違いを示した説明図。

【図7】本発明の実施例の概要図。

【図8】実施例のこすりターゲットパターンの一つの平面図。

【図9】本発明をプローブ針に応用した概念図。

【図10】異なる2つのプローブ針位置による2つのこすり傷を示す模式図。

【図11】本発明の実施例のビルドウェーハの平面図。

【図12】実施例のビルドターゲットパターンの一つの平面図。

【図13】実施例のビルドターゲットのオフセットの模式図。

【符号の説明】

201 金属ブレード

202, 1001, 1003 プローブ針

203 インターフェース

204 肩

205 プローブ針先端

300, 1302 ボンディングパッド

301 パッシベーション層

302 酸化アルミニウム及び汚れの層

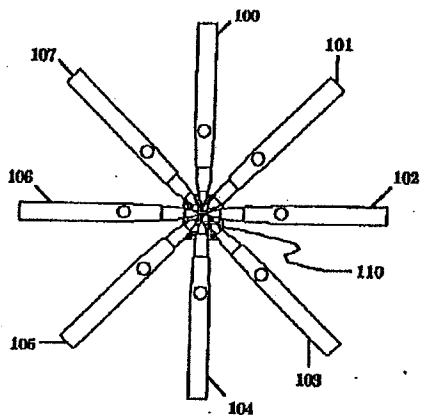
701~703 円筒

704 ハンドル

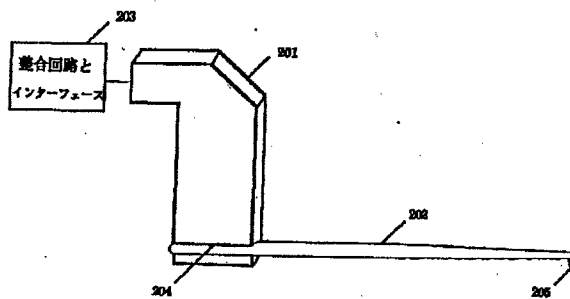
902 ポイントバンド

1006 ボンディングパッド縁部

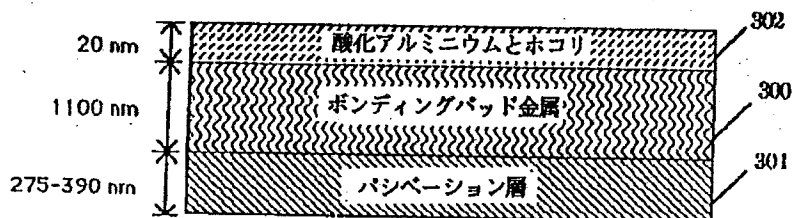
【図1】



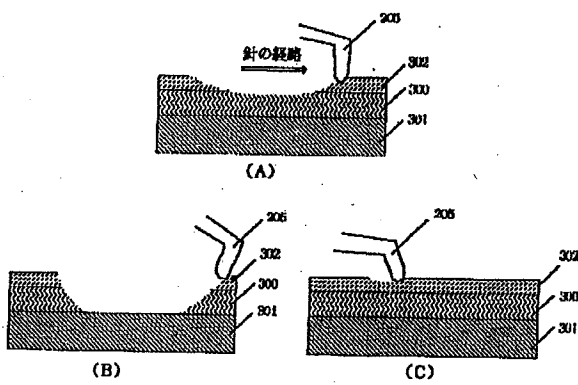
【図2】



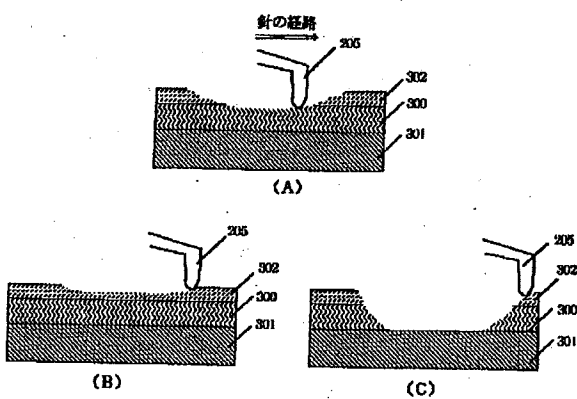
【図3】



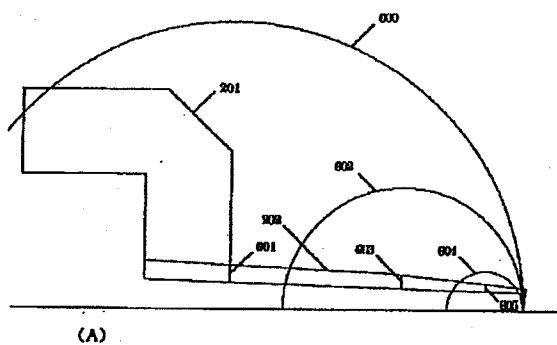
【図4】



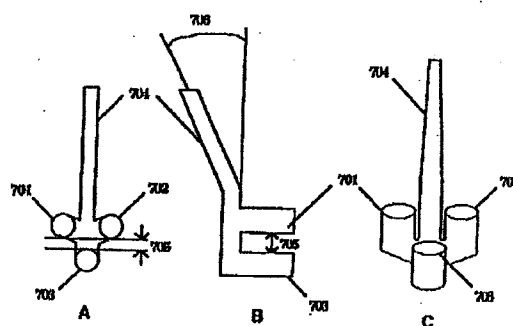
【図5】



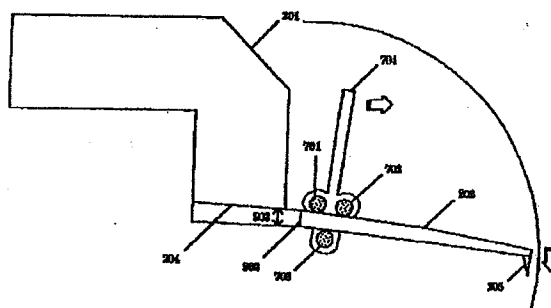
【図 6】



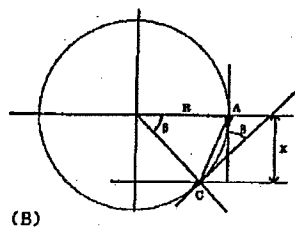
【図 7】



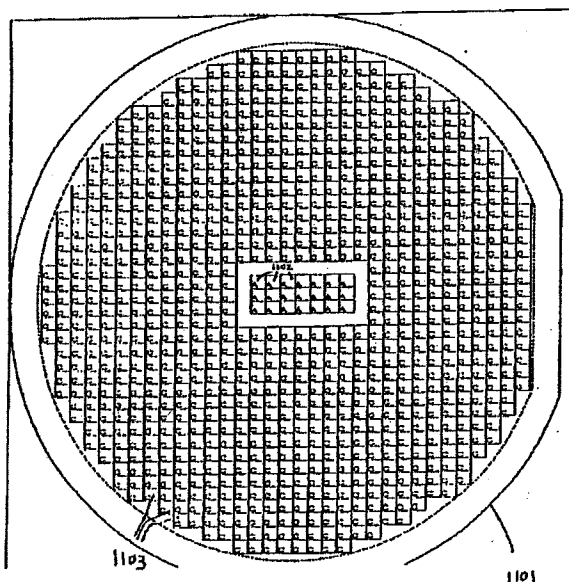
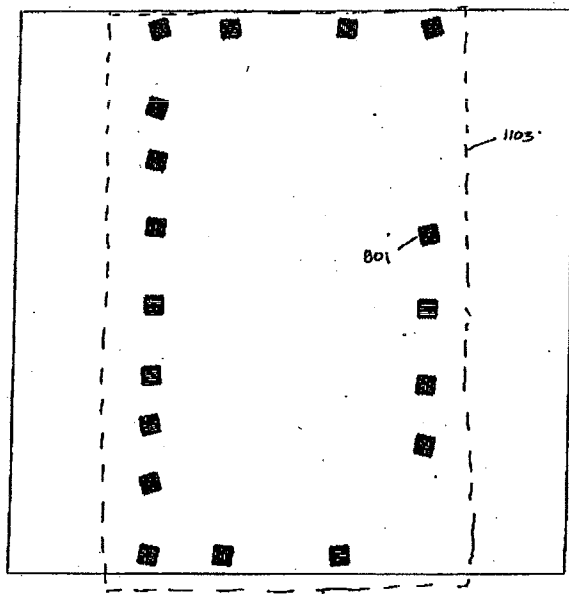
【図9】



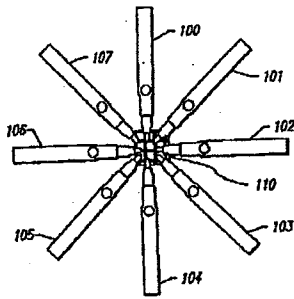
【图8】



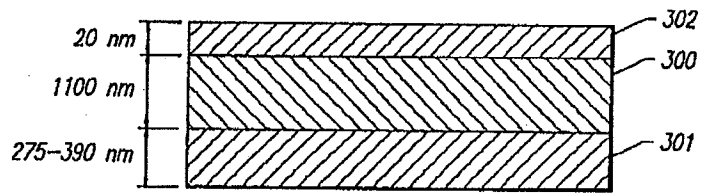
【図 1 1】



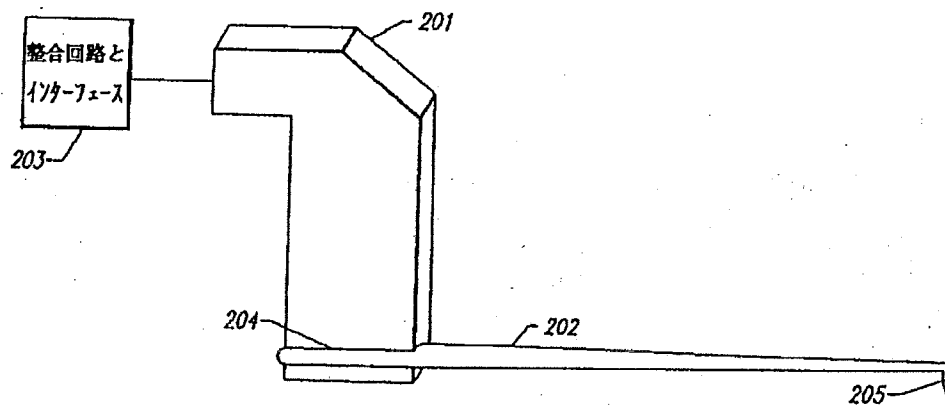
【図1】



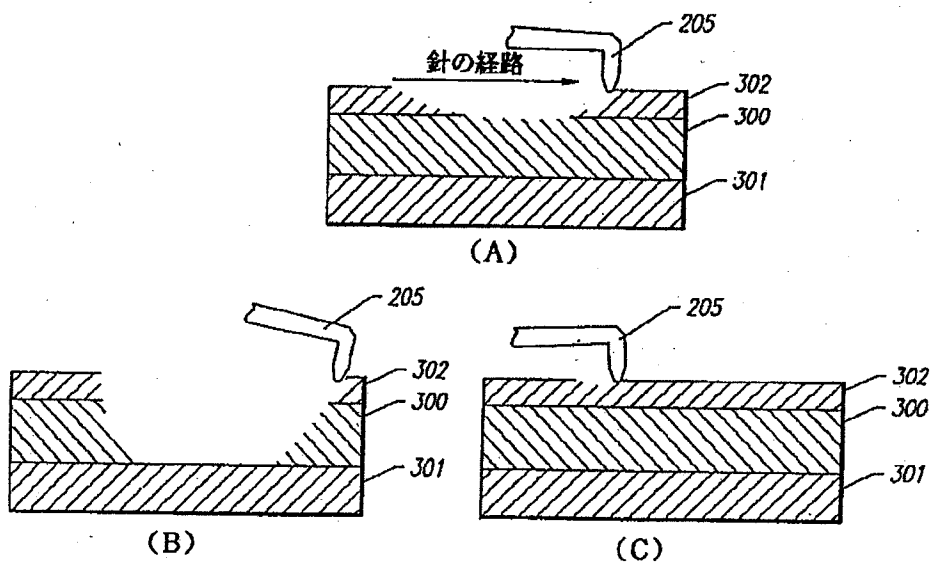
【図3】



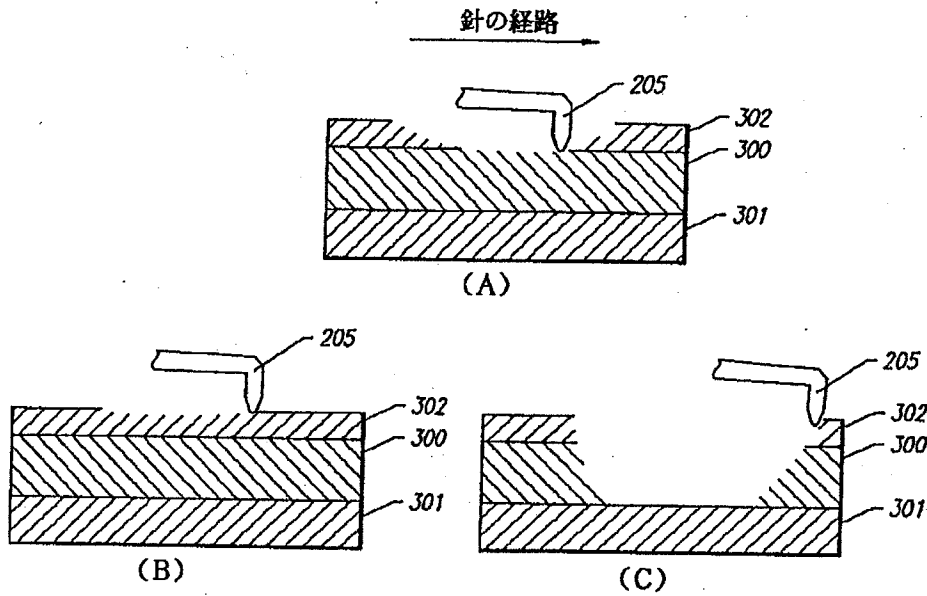
【図2】



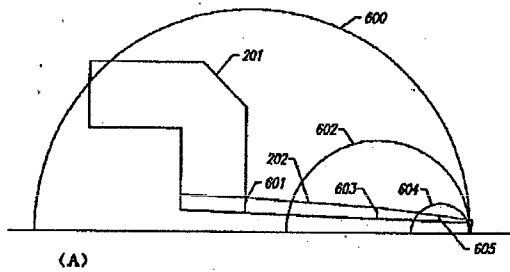
【図4】



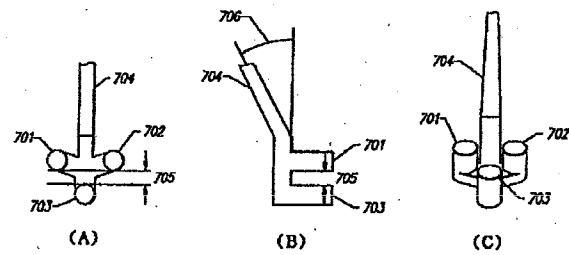
【図5】



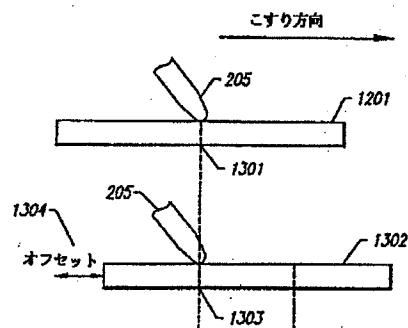
【図6】



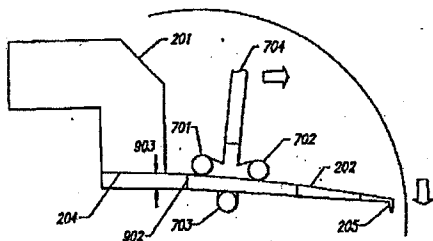
【図7】



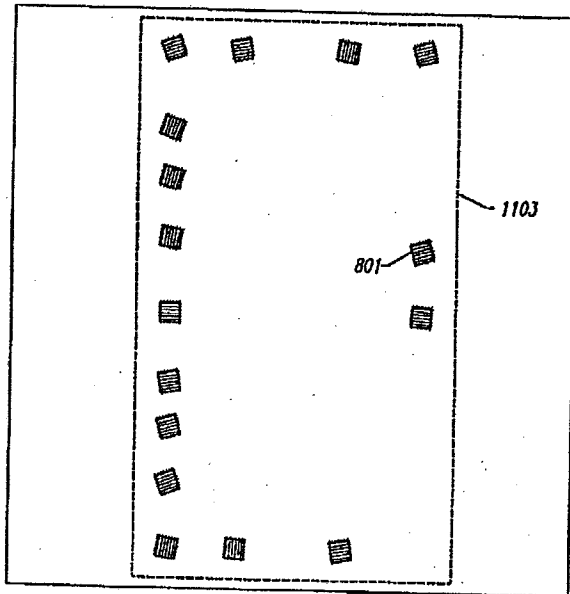
【図13】



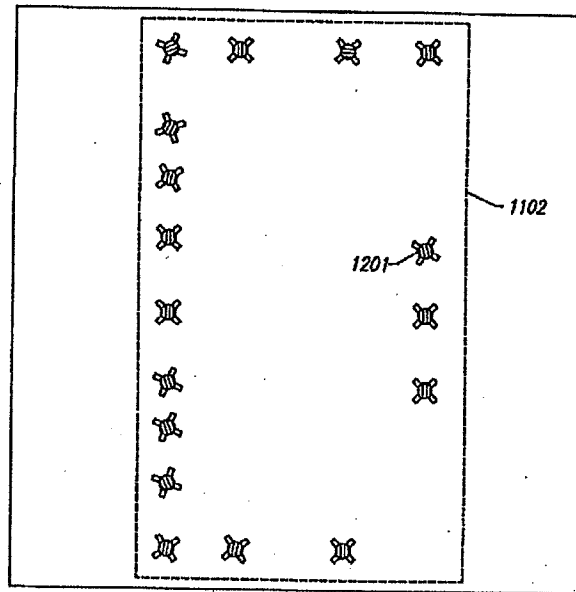
【図9】



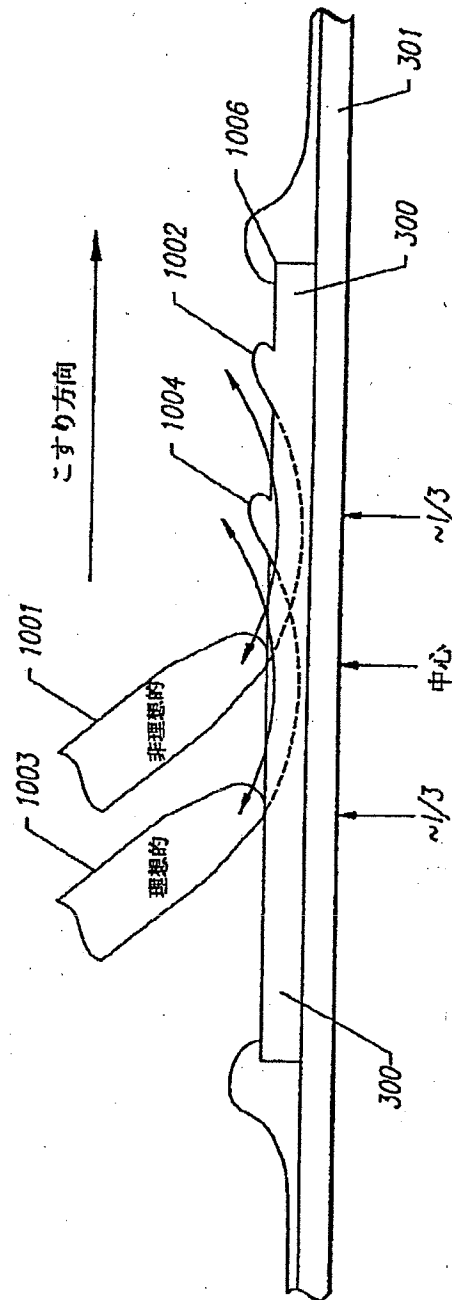
【图8】



【图12】



【図10】



【図11】

